

Shigeki NAGASE et al.
F-7881

Jordan and Hamburg LLP
212-986-2340

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月10日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-201298

[ST.10/C]:

[JP 2002-201298]

出 願 人

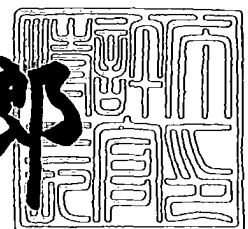
Applicant(s):

光洋精工株式会社

2003年 6月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3043221

【書類名】 特許願

【整理番号】 104578

【提出日】 平成14年 7月10日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01L 3/10

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中心区南船場三丁目5番8号光洋精工株式会社内

【氏名】 長瀬 茂樹

【特許出願人】

【識別番号】 000001247

【氏名又は名称】 光洋精工株式会社

【代表者】 ▲吉▼田 紘司

【代理人】

【識別番号】 100095429

【弁理士】

【氏名又は名称】 根本 進

【電話番号】 06(6949)0035

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004916

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9810773

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 トルクセンサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 シャフトと、

その第 1 シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第 2 シャフトと、

その第 1 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第 1 交番信号を出力する第 1 交番信号出力手段と、

その第 2 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第 2 交番信号を出力する第 2 交番信号出力手段と、

その第 1 交番信号と第 2 交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する出力信号処理部とを備え、

その位相差対応信号から第 1、第 2 シャフトによる伝達トルクに対応する値が求められるトルクセンサ。

【請求項 2】 その第 1 交番信号出力手段は第 1 検出器と第 1 信号処理部を備え、

その第 1 検出器は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 θ を第 1 シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin \theta$ で表される第 1 正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos \theta$ で表される第 1 余弦振幅信号を出力し、

その第 1 信号処理部は、その第 1 正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$ で表される第 1 位相シフト信号とする第 1 位相シフト回路と、その第 1 位相シフト信号と第 1 余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される前記第 1 交番信号とする第 1 加算回路を有し、

その第 2 交番信号出力手段は第 2 検出器と第 2 信号処理部を備え、

その第 2 検出器は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 $\theta + \Delta \theta$ を第 2 シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第 2 正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta)$ で表される第 2 余弦振幅信号を出力し、

その第 2 信号処理部は、その第 2 正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第 2 位相シフト信号と

する第2位相シフト回路と、その第2位相シフト信号と第2余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$ で表される前記第2交番信号とする第2加算回路を有する請求項1に記載のトルクセンサ。

【請求項3】 その第1交番信号出力手段は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 θ を第1シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される前記第1交番信号を出力する第1検出器を備え、

その第2交番信号出力手段は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 $\theta + \Delta\theta$ を第2シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$ で表される前記第2交番信号を出力する第2検出器を備える請求項1に記載のトルクセンサ。

【請求項4】 前記第1、第2シャフトによる伝達トルクが零の時に前記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、前記第1検出器と第2検出器は相対配置され、

前記出力信号処理部は、前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有する請求項2または3に記載のトルクセンサ。

【請求項5】 前記出力信号処理部は、前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出回路と、その第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の一つが立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有する請求項2または3に記載のトルクセンサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、例えば電動パワーステアリング装置において操舵トルクを検出するのに用いられるトルクセンサに関する。

【0002】

【従来の技術】

第1シャフトと、その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、その第1シャフトの回転角を検出する第1レゾルバと、その第2シャフトの回転角を検出する第2レゾルバとを備えるトルクセンサが知られている。その第1レゾルバによる第1シャフトの検出回転角と第2レゾルバによる第2シャフトの検出回転角との差から両シャフトによる伝達トルクが求められる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】

レゾルバにより検出するシャフト回転角を θ とした場合、レゾルバの回転子捲線に正弦波信号を入力すると、2相の固定子捲線から $\sin \theta$ に比例する信号と $\cos \theta$ に比例する信号とが出力されることから、 $\tan^{-1}(\sin \theta / \cos \theta)$ の演算をコンピュータにより行うことで回転角 θ を求めることができる。

【0004】

しかし、コンピュータにより正弦波信号や余弦波信号の出力値を取り込む際の分解能には限界があるため、トルクセンサの分解能が制限され、また、分解能が高くなる程に信号処理のための負荷が大きくなる。さらに、正弦波信号や余弦波信号の出力値は回転角 θ に対して非線形に変化するため、トルク検出精度の向上が阻害される。

本発明は上記課題を解決することのできるトルクセンサを提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段】

本発明のトルクセンサは、第1シャフトと、その第1シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第2シャフトと、その第1シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第1交番信号を出力する第1交番信号出力手段と、その第2シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する第2交番信号出

力手段と、その第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する出力信号処理部とを備え、その位相差対応信号から第1、第2シャフトによる伝達トルクに対応する値が求められる。

本発明によれば、第1交番信号の位相変化は第1シャフトの回転角変化に対応し、第2交番信号の位相変化は第2シャフトの回転角変化に対応するので、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差は第1シャフトと第2シャフトの回転角差に対応する。位相差対応信号は、その回転角差の変化に応じて波形が変化することになるので、第1、第2シャフトによる伝達トルクに対応する信号として用いることができる。すなわち、第1シャフトの回転角と第2シャフトの回転角とを個別に検出することなく、伝達トルクに対応する回転角差を直接的に求めることができる。よって、トルクを求めるために従来のように正弦波信号や余弦波信号の出力値を取り込む必要がなく、信号処理のための負荷を低減でき、非線形な要素をなくすことができる。

【0006】

その第1交番信号出力手段は第1検出器と第1信号処理部を備え、その第1検出器は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 θ を第1シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin \theta$ で表される第1正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos \theta$ で表される第1余弦振幅信号を出力し、その第1信号処理部は、その第1正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$ で表される第1位相シフト信号とする第1位相シフト回路と、その第1位相シフト信号と第1余弦振幅信号とを加算することで $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される前記第1交番信号とする第1加算回路を有し、その第2交番信号出力手段は第2検出器と第2信号処理部を備え、その第2検出器は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 $\theta + \Delta \theta$ を第2シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2正弦振幅信号と、 $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2余弦振幅信号を出力し、その第2信号処理部は、その第2正弦振幅信号を $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表される第2位相シフト信号とする第2位相シフト回路と、その第2位相シフト信号と第2余弦振幅信号とを

加算することで $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$ で表される前記第2交番信号とする第2加算回路を有するのが好ましい。

これにより、第1、第2検出器に正弦波信号を入力することで、第1、第2シャフトの回転角の変化に対応して位相が変化する第1、第2交番信号を、レゾルバ等の検出器、位相シフト回路、加算回路という汎用部品を用いて出力することができる。

【0007】

その第1交番信号出力手段は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 θ を第1シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される前記第1交番信号を出力する第1検出器を備え、その第2交番信号出力手段は、 KE を係数、 ω を励磁信号の角周波数、 t を時間、 $\theta + \Delta\theta$ を第2シャフトの回転角として、 $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$ で表される前記第2交番信号を出力する第2検出器を備えるのが好ましい。

これにより、第1、第2検出器に正弦波信号と余弦波信号を入力することで、第1、第2シャフトの回転角の変化に対応して位相が変化する第1、第2交番信号を、汎用部品であるレゾルバ等の検出器を用いて出力することができる。

【0008】

前記第1、第2シャフトによる伝達トルクが零の時に前記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、前記第1検出器と第2検出器は相対配置され、前記出力信号処理部は、前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有するのが好ましい。

これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を位相差対応信号として出力することができる。また、そのPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換する回路と、ロジック信号の排他的論理和に対応する信号を生成する回路という汎用部品を用いて出力することができる。

【0009】

前記出力信号処理部は、前記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する第1ロジック信号変換回路と、前記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する第2ロジック信号変換回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出回路と、その第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出回路と、その第1ロジック信号の立ち上がり時点と第2ロジック信号の立ち下がり時点の中の方が立ち上がり時点に対応し他方が立ち下がり時点に対応するPWM信号を前記位相差対応信号として出力するPWM処理回路とを有するのが好ましい。

これにより、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を位相差対応信号として出力することができる。また、そのPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換する回路と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点を検出する回路と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点に応じた立ち上がり時点と立ち下がり時点を有する信号を生成する例えばSRフリップフロップのような汎用部品を用いて出力することができる。

【0010】

【発明の実施の形態】

図1に示す本実施形態のトルクセンサ1は、電動パワーステアリング装置のステアリングシャフトにより伝達されるトルクを検出するために用いられ、そのステアリングシャフトを構成する筒状第1シャフト3と筒状第2シャフト4を有する。第1シャフト3に連結される図外ステアリングホイールの回転が、第2シャフト4に連結される図外ステアリングギヤを介して車輪に伝達されることで、車両の舵角が変化する。

【0011】

第1シャフト3と第2シャフト4にトーションバー（弾性部材）5が挿入されている。トーションバー5の一端は第1シャフト3にピンやセレーション等により連結され、他端は第2シャフト4にピンやセレーション等により連結され、これにより第1シャフト3と第2シャフト4は互いに対して同軸中心に弾性的に相対回転可能である。第1シャフト3はベアリング6を介してセンサハウジング7に

より支持され、第2シャフト4はセンサハウジング7に圧入された環状のレゾルバ押さえ9によりベアリング8を介して支持されている。そのセンサハウジング7により第1レゾルバ（第1検出器）21と第2レゾルバ（第2検出器）22が覆われている。

【0012】

第1レゾルバ21は、第1シャフト3の外周に同行回転するように嵌め合わされる第1レゾルバロータ21aと、第1レゾルバロータ21aを覆う環状の第1レゾルバステータ21bを有する。本実施形態では第1レゾルバロータ21aに第1シャフト3が圧入されることで、第1レゾルバロータ21aと第1シャフト3は同行回転する。第2レゾルバ22は、第2シャフト4の外周に同行回転するように嵌め合わされる第2レゾルバロータ22aと、第2レゾルバロータ22aを覆う環状の第2レゾルバステータ22bとを有する。本実施形態では第2レゾルバロータ22aに第2シャフト4が圧入されることで、第2レゾルバロータ22aと第2シャフト4は同行回転する。第1レゾルバステータ21bと第2レゾルバステータ22bとの間に筒状のスペーサ23が配置されている。

【0013】

第1レゾルバステータ21bと第2レゾルバステータ22bとスペーサ23は、センサハウジング7の内周に対して第1、第2シャフト3、4の径方向のクリアランスを介してシャフト軸方向から嵌め合わされる。両レゾルバステータ21b、22bとスペーサ23は、上記レゾルバ押さえ9とセンサハウジング7の内周に形成された段差7aとの間に挟み込まれることでセンサハウジング7に固定されている。スペーサ23の内周から内方に延びる環状の磁気遮蔽部24が、磁気遮蔽材によりスペーサ23と一体的に成形されている。磁気遮蔽部24により第1レゾルバ21と第2レゾルバ22との間の磁気遮蔽がなされる。

【0014】

第1レゾルバ21は、第1レゾルバロータ21aに設けられた巻線（図示省略）に励磁信号が入力されることで、第1レゾルバステータ21bに設けられた2相の巻線（図示省略）から第1正弦振幅信号と第1余弦振幅信号を出力する。すなわち、励磁信号を $E \sin(\omega t)$ 、 θ を第1シャフト3の回転角とすると、第

1 正弦振幅信号は $KE \sin(\omega t) \sin \theta$ で表され、第1余弦振幅信号は $KE \sin(\omega t) \cos \theta$ で表される。なお、Eは信号振幅、Kは変圧率、 ω は励磁角周波数、tは時間である。

【0015】

第2レゾルバ22は、第2レゾルバロータ22aに設けられた捲線（図示省略）に励磁信号が入力されることで、第2レゾルバステータ22bに設けられた2相の捲線（図示省略）から第2正弦振幅信号と第2余弦振幅信号を出力する。励磁信号を $E \sin(\omega t)$ 、 $\theta + \Delta \theta$ を第2シャフト4の回転角とすると、第2正弦振幅信号は $KE \sin(\omega t) \sin(\theta + \Delta \theta)$ で表され、第2余弦振幅信号は $KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta \theta)$ で表される。

【0016】

両レゾルバ21、22の出力信号は信号ケーブル25を介して、センサハウジング7の外部に設けられる図2に示す制御装置20に入力される。制御装置20は第1信号処理部26と第2信号処理部27と出力信号処理部28を有する。

【0017】

第1信号処理部26は、第1位相シフト回路26aと第1加算回路26bを有する。第1位相シフト回路26aは、入力インターフェース20aを介して第1レゾルバ21から送られる上記第1正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta$ で表される第1位相シフト信号とする。第1加算回路26bは、その第1位相シフト信号と、入力インターフェース20bを介して第1レゾルバ21から送られる上記第1余弦振幅信号とを加算することで、 $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin \theta + KE \sin(\omega t) \cos \theta = KE \cos(\omega t) \sin \theta + KE \sin(\omega t) \cos \theta = KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される第1交番信号とする。すなわち、第1レゾルバ21と第1信号処理部26は、第1シャフト3の回転角 θ の変化に対応して位相が変化する第1交番信号を出力する第1交番信号出力手段を構成する。

【0018】

第2信号処理部27は、第2位相シフト回路27aと第2加算回路27bを有する。第2位相シフト回路27aは、入力インターフェース20cを介して第2レ

ソルバ22から送られる上記第2正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトすることで $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta\theta)$ で表される第2位相シフト信号とする。第2加算回路27bは、その第2位相シフト信号と、入力インターフェース20dを介して第2レソルバ22から送られる上記第2余弦振幅信号とを加算することで、 $KE \sin(\omega t + \pi/2) \sin(\theta + \Delta\theta) + KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta\theta) = KE \cos(\omega t) \sin(\theta + \Delta\theta) + KE \sin(\omega t) \cos(\theta + \Delta\theta) = KE \sin(\omega t + \theta + \Delta\theta)$ で表される第2交番信号とする。すなわち、第2レソルバ22と第2信号処理部27は、第2シャフト4の回転角 $\theta + \Delta\theta$ の変化に対応して位相が変化する第2交番信号を出力する第2交番信号出力手段を構成する。

【0019】

第1、第2シャフト3、4による伝達トルクが零の時に上記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が $\pi/2$ になるように、すなわち $\Delta\theta = 0$ になるように、第1レソルバ21と第2レソルバ22は相対配置されている。

【0020】

出力信号処理部28は、第1ロジック信号変換回路28aと、第2ロジック信号変換回路28bと、PWM処理回路28cを有する。

【0021】

第1ロジック信号変換回路28aは上記第1交番信号を第1ロジック信号に変換する。第1ロジック信号は第1交番信号と周波数が等しいHとLの2値の方形波で表される。第2ロジック信号変換回路28bは上記第2交番信号を第2ロジック信号に変換する。第2ロジック信号は第2交番信号と周波数が等しいHとLの2値の方形波で表される。第1交番信号と第2交番信号の位相差は第1ロジック信号と第2ロジック信号の位相差に等しくされる。

【0022】

PWM処理回路28cは、その第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和（EXOR）に対応するPWM信号を出力する。本実施形態では、そのPWM信号から求められるPWMデューティが第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する値として用いられる。すなわち、図3（1）は伝達トルクが零

の場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM処理回路28cから出力されるPWM信号S3を示す。この場合、第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差は $\pi/2$ となり、PWMデューティは50%になる。図3(2)は第1、第2シャフト3、4により一方向のトルクが伝達される場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM信号S3を示す。この場合は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差は $\pi/2 + \Delta\theta$ ($\Delta\theta > 0$) となり、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%よりも大きくなる。図3(3)は第1、第2シャフト3、4により他方向のトルクが伝達される場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM信号S3を示す。この場合は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差は $\pi/2 + \Delta\theta$ ($\Delta\theta < 0$) となり、伝達トルクが大きい程にPWMデューティが50%よりも小さくなる。

【0023】

第1交番信号の位相変化は第1シャフト3の回転角変化に対応し、第2交番信号の位相変化は第2シャフト4の回転角変化に対応するので、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差は、第1シャフト3と第2シャフト4の回転角差に対応する伝達トルクに対応する。その第1交番信号と第2交番信号の位相差は第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の位相差に等しいことから、第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2の排他的論理和に対応するPWM信号S3は、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化することで波形が変化する位相差対応信号になる。そのPWM信号S3が第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する信号として用いられる。本実施形態では、第1、第2シャフト3、4の伝達トルクに応じた操舵補助力を、予め定められて記憶したPWMデューティと操舵補助力との関係から演算し、その演算した操舵補助力を発生するように操舵補助力発生用電動アクチュエータ(図示省略)を制御する。その操舵補助力発生用電動アクチュエータは公知のものをを用いることができ、例えば、電動モータにより発生する操舵補助力を減速ギヤ機構を介してステアリングシャフトに伝達するものを用いることができる。

【0024】

上記実施形態のトルクセンサ1によれば、第1シャフト3の回転角と第2シャフト4の回転角とを個別に検出することなく、伝達トルクに対応する回転角差を直接的に求めることができる。よって、トルクを求めるために従来のように正弦波信号や余弦波信号の出力値を取り込む必要がなく、信号処理のための負荷を低減でき、非線形な要素をなくすることができる。その第1、第2交番信号を、レゾルバ21、22、位相シフト回路26a、27a、加算回路26b、27bという汎用部品を用いて出力することができ、さらに、第1交番信号と第2交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化するPWM信号を、交番信号をロジック信号に変換するロジック信号変換回路28a、28bと、ロジック信号の排他的論理和に対応する信号を生成するPWM処理回路28cという汎用部品を用いて出力することができる。

【0025】

図4、図5の(1)、(2)、(3)は制御装置20の変形例を示す。上記実施形態との相違は、第1、第2シャフト3、4による伝達トルクが零の時に上記第1交番信号と第2交番信号との間の位相差が零になるように第1レゾルバ21と第2レゾルバ22は相対配置されている。出力信号処理部28は、第1ロジック信号変換回路28aから出力される第1ロジック信号の立ち上がり時点検出回路28dと、第2ロジック信号変換回路28bから出力される第2ロジック信号の立ち下がり時点検出回路28eを有する。PWM処理回路28c'として、第1ロジック信号と第2ロジック信号の排他的論理和に対応するPWM信号を出力する回路に代えて、SR(セトリセット)フリップフロップを有する。第1ロジック信号の立ち上がり時点の検出信号はPWM処理回路28c'を構成するフリップフロップのS端子に入力され、第2ロジック信号の立ち下がり時点の検出信号はそのR端子に入力される。これにより、PWM処理回路28c'からPWM信号が出力される。そのPWM信号のPWMデューティが第1、第2シャフト3、4による伝達トルクに対応する。

【0026】

すなわち、図5(1)は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号S1と第2ロジック信号S2とPWM処理回路28c'から出力されるPWM信号S3

と立ち上がり時点検出信号 S 4 と立ち下がり時点検出信号 S 5 を示す。この場合は $\Delta \theta = 0$ で、第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差は零となり、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点から第 2 ロジック信号の立ち下がり時点までの時間 t_1 は、第 2 ロジック信号の立ち下がり時点から第 1 ロジック信号の立ち上がり時点までの時間 t_2 に等しいので、PWM デューティは 50 % になる。図 5 (2) は第 1、第 2 シャフト 3、4 により一方向のトルクが伝達される場合における第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 と PWM 信号 S 3 を示す。この場合は第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差は $\Delta \theta (> 0)$ となり、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点から第 2 ロジック信号の立ち下がり時点までの時間 t_1 は、第 2 ロジック信号の立ち下がり時点から第 1 ロジック信号の立ち上がり時点までの時間 t_2 よりも長いので、伝達トルクが大きい程に PWM デューティが 50 % から大きくなる。図 5 (3) は第 1、第 2 シャフト 3、4 により他方向のトルクが伝達される場合における第 1 ロジック信号 S 1 と第 2 ロジック信号 S 2 と PWM 信号 S 3 を示す。この場合は第 1 ロジック信号と第 2 ロジック信号の位相差は $\Delta \theta (< 0)$ となり、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点から第 2 ロジック信号の立ち下がり時点までの時間 t_1 は、第 2 ロジック信号の立ち下がり時点から第 1 ロジック信号の立ち上がり時点までの時間 t_2 よりも短いので、伝達トルクが大きい程に PWM デューティが 50 % から小さくなる。これにより、第 1 交番信号と第 2 交番信号との間の位相差の変化に応じてパルス幅が変化する PWM 信号を、交番信号をロジック信号に変換するロジック信号変換回路 28 a、28 b と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点を検出する回路 28 d、28 e と、ロジック信号の立ち上がり時点と立ち下がり時点に応じた立ち上がり時点と立ち下がり時点を有する信号を生成する SR フリップフロップのような汎用部品を用いて出力することができる。他は上記実施形態と同様で同一部分は同一符号で示す。なお、PWM 処理回路 28 c' を構成する SR フリップフロップの S 端子に第 2 ロジック信号の立ち下がり時点の検出信号が入力され、R 端子に第 1 ロジック信号の立ち上がり時点の検出信号が入力されてもよい。これにより PWM 処理回路 28 c' は、第 1 ロジック信号の立ち上がり時点と第 2 ロジック信号の立ち下がり時点の中の一方向が立ち上がり時点に対応し他方向が立ち

下がり時点に対応するPWM信号を上記位相差対応信号として出力する。

【0027】

本発明は上記実施形態や変形例に限定されない。

例えば、上記実施形態と変形例では第1、第2レゾルバ21、22から出力される第1、第2正弦振幅信号を位相シフトした第1、第2位相シフト信号それぞれを、第1、第2余弦振幅信号に加算することで第1、第2交番信号を出力したが、第1、第2レゾルバ21、22から第1、第2交番信号を直接に出力してもよい。すなわち、第1レゾルバステータ21bの2相の巻線に $E \sin(\omega t)$ と $E \cos(\omega t)$ で表される励磁信号を入力することで、第1レゾルバロータ21aの巻線から $KE \sin(\omega t + \theta)$ で表される第1交番信号を出力し、第2レゾルバステータ22bの2相の巻線に $E \sin(\omega t)$ と $E \cos(\omega t)$ で表される励磁信号を入力することで、第2レゾルバロータ22aの巻線から $KE \sin(\omega t + \theta + \Delta \theta)$ で表される第2交番信号を出力してもよい。この場合、各交番信号出力手段として上記実施形態における第1信号処理部26と第2信号処理部27は不要である。これにより第1、第2交番信号を汎用部品であるレゾルバ21、22を用いて出力することができ、構成をより簡単化できる。

【0028】

また図6に示すように、第1位相シフト回路26aと第2位相シフト回路27aに位相シフト量の調節手段が設けられてもよい。すなわち、各位相シフト回路26a、27aにおいては、正弦振幅信号が抵抗R1を介して演算増幅器OPの反転入力端子に入力され、コンテナCを介して演算増幅器OPの非反転入力端子に入力され、演算増幅器OPの出力端子は抵抗R2を介して接地され、演算増幅器OPから出力される位相シフト信号は抵抗R3を介して負帰還され、そのコンテナCと演算増幅器OPの間は可変抵抗R4を介して接地されている。その可変抵抗R4の抵抗値を変更することで、正弦振幅信号の位相シフト量を調節することが可能とされている。これにより、第1または第2の正弦振幅信号を、 $\pi/2$ 位相シフトする際における位相シフト量の誤差をなくす事が可能になる。

【0029】

さらに、上記実施形態では出力信号処理部28から出力されるPWM信号のPW

Mデューティを伝達トルクに対応する値として用いているが、PWM信号の時間積分値を伝達トルクに対応する値として用いてもよい。

【0030】

【発明の効果】

本発明によれば、分解能の高い高精度のトルクセンサを低コストで提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施形態のトルクセンサの断面図

【図2】 本発明の実施形態のトルクセンサにおける信号処理部の構成を示す図

【図3】 本発明の実施形態のトルクセンサにおける（1）は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、（2）は一方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、（3）は他方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図

【図4】 本発明の変形例のトルクセンサにおける信号処理部の構成を示す図

【図5】 本発明の変形例のトルクセンサにおける（1）は伝達トルクが零の場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号と立ち上がり時点検出信号と立ち下がり時点検出信号を示す図、（2）は一方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図、（3）は他方向にトルクが伝達される場合における第1ロジック信号と第2ロジック信号とPWM信号を示す図

【図6】 本発明の変形例のトルクセンサにおける位相シフト回路の構成を示す図

【符号の説明】

3 第1シャフト

4 第2シャフト

21 第1レゾルバ（第1検出器）

22 第1レゾルバ（第2検出器）

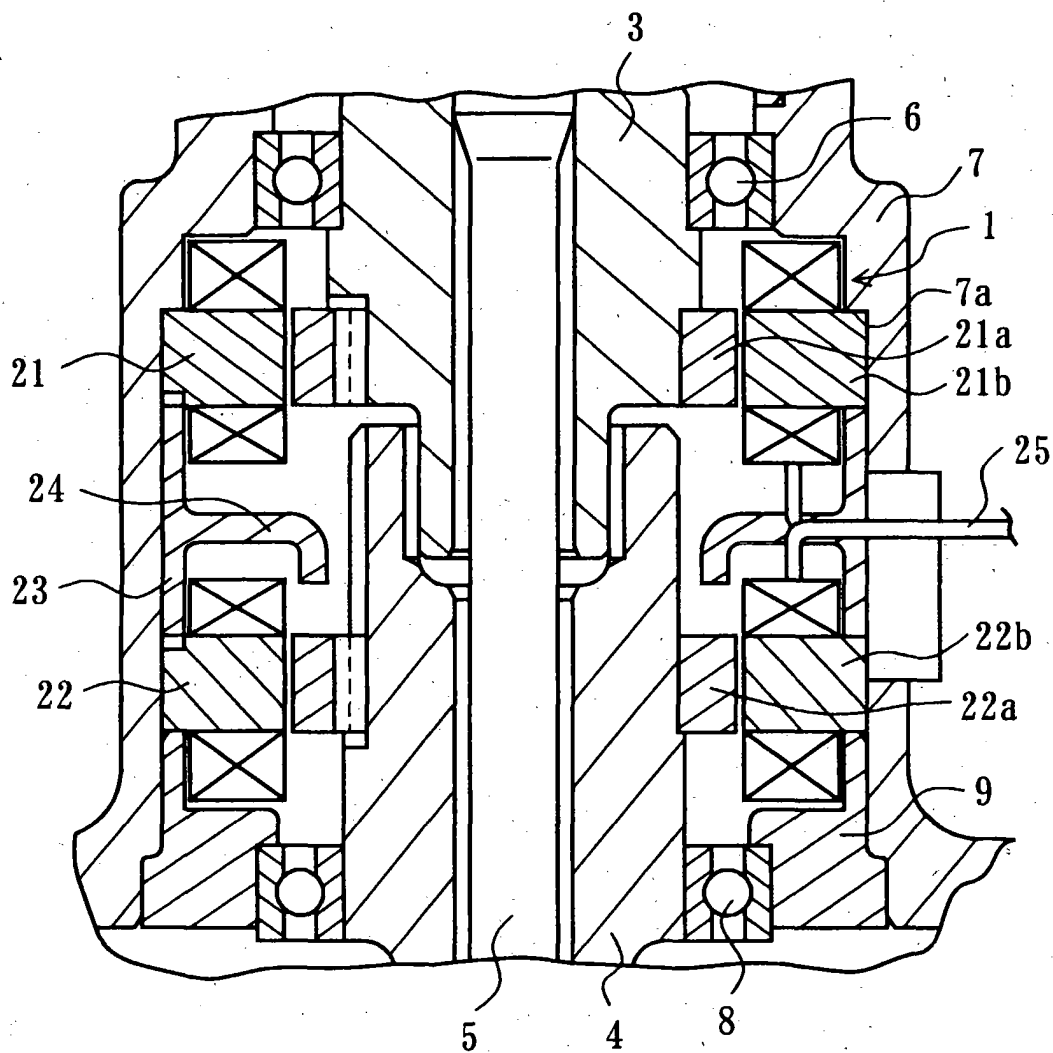
26 第1信号処理部

26a 第1位相シフト回路

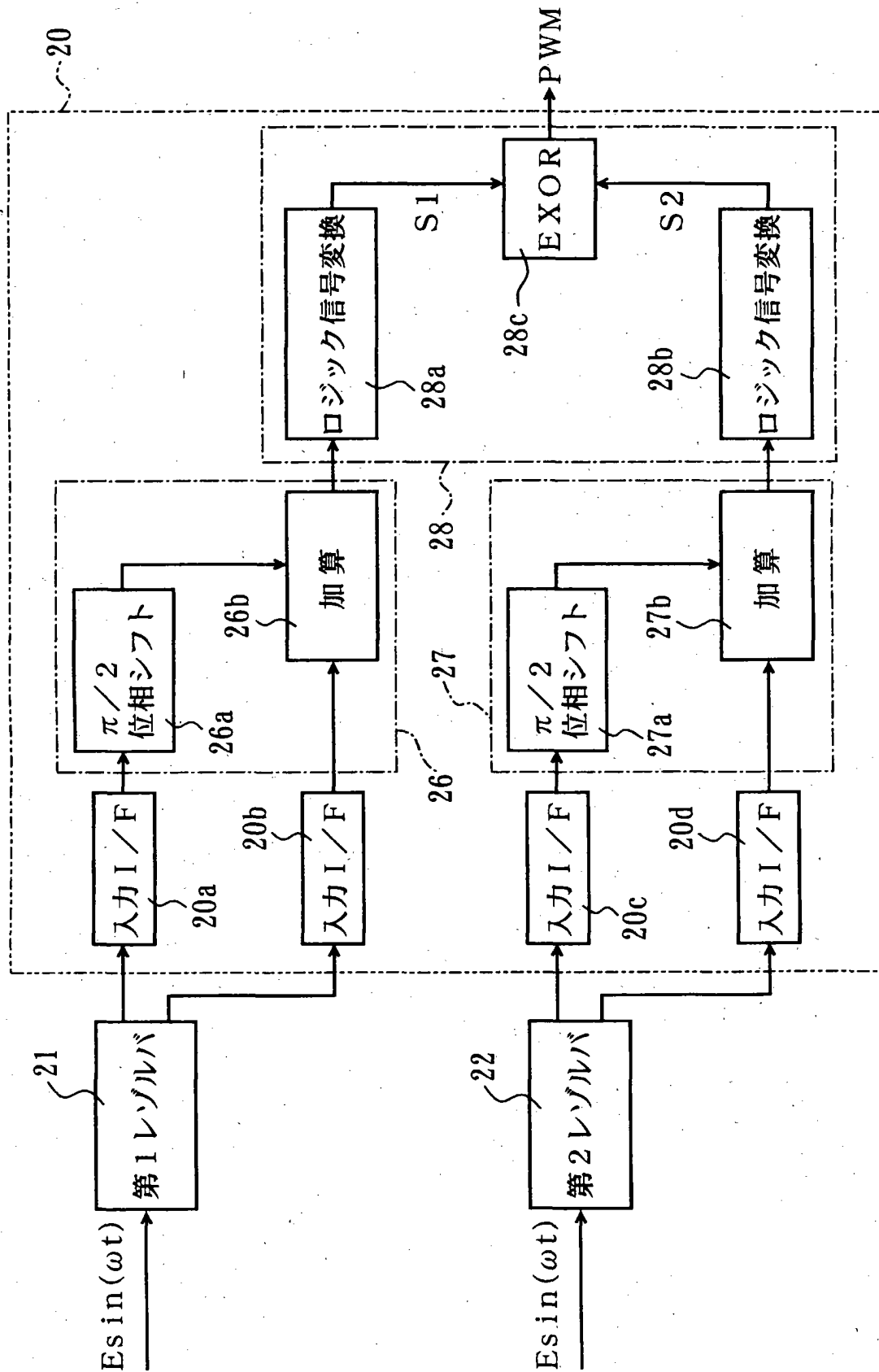
- 2 6 b 第 1 加算回路
- 2 7 第 2 信号処理部
- 2 7 a 第 2 位相シフト回路
- 2 7 b 第 2 加算回路
- 2 8 出力信号処理部
- 2 8 a 第 1 ロジック信号変換回路
- 2 8 b 第 2 ロジック信号変換回路
- 2 8 c、2 8 c' PWM 処理回路
- 2 8 d 立ち上がり時点検出回路
- 2 8 e 立ち下がり時点検出回路

【書類名】 図面

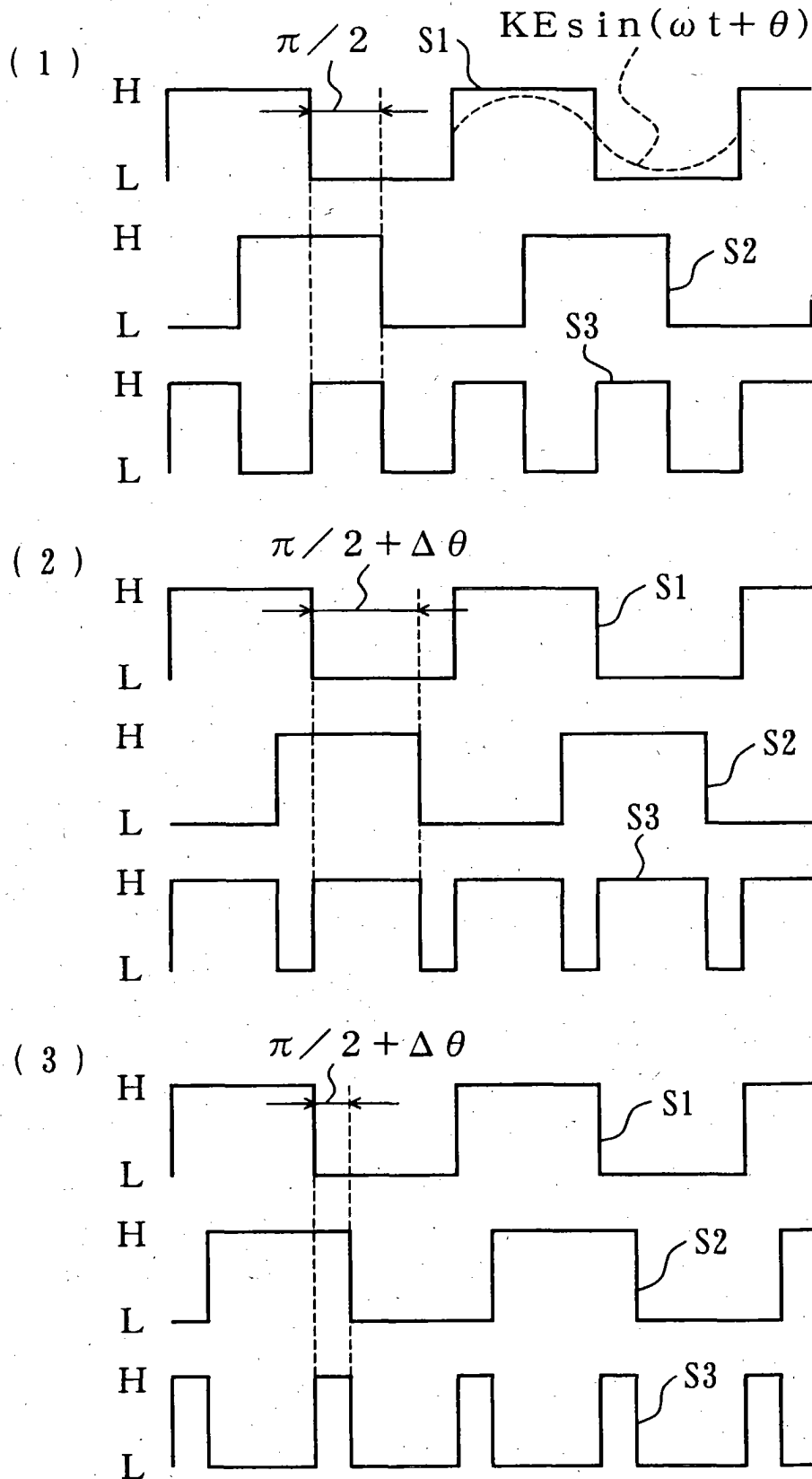
【図 1】



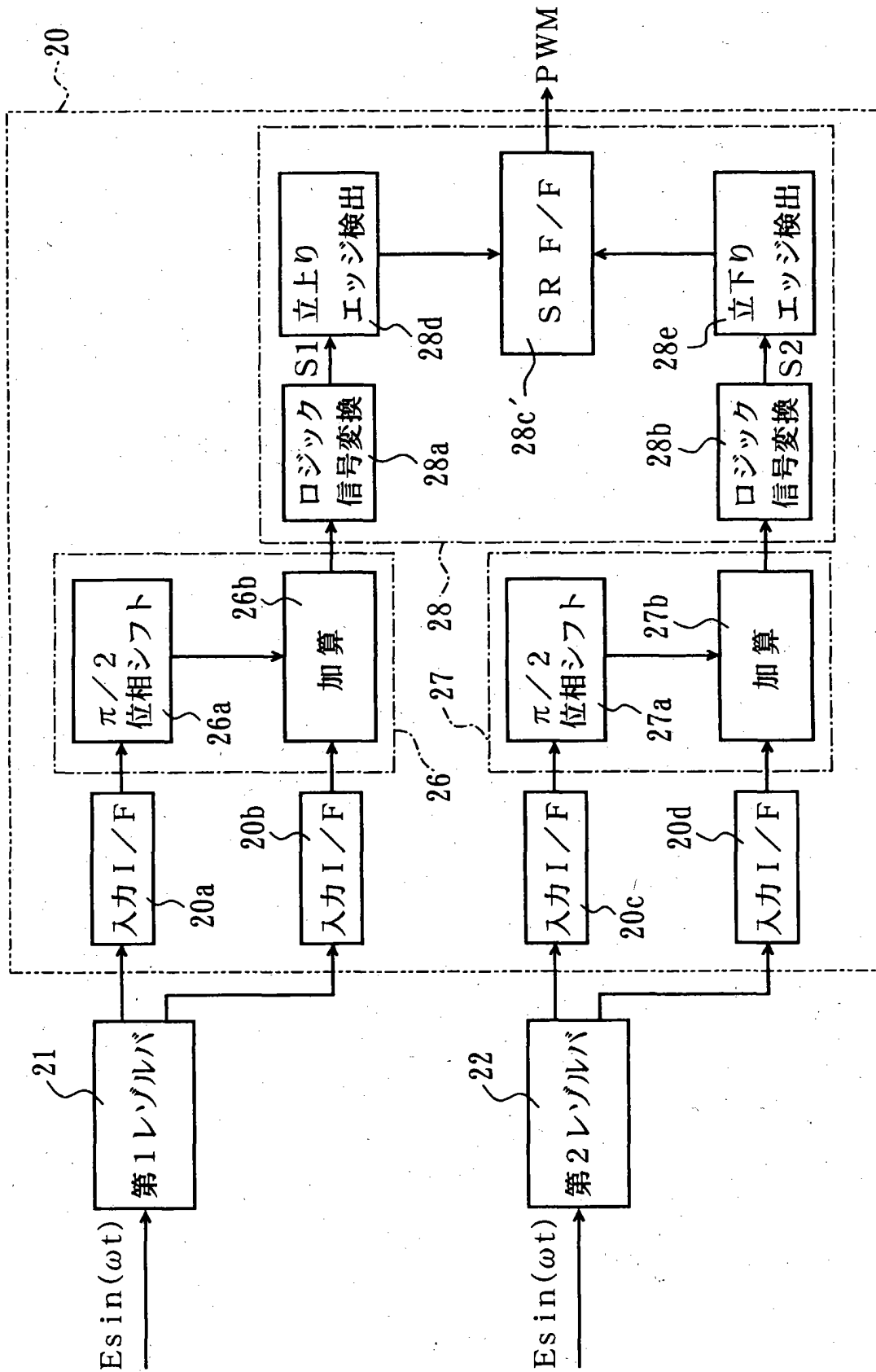
【図2】



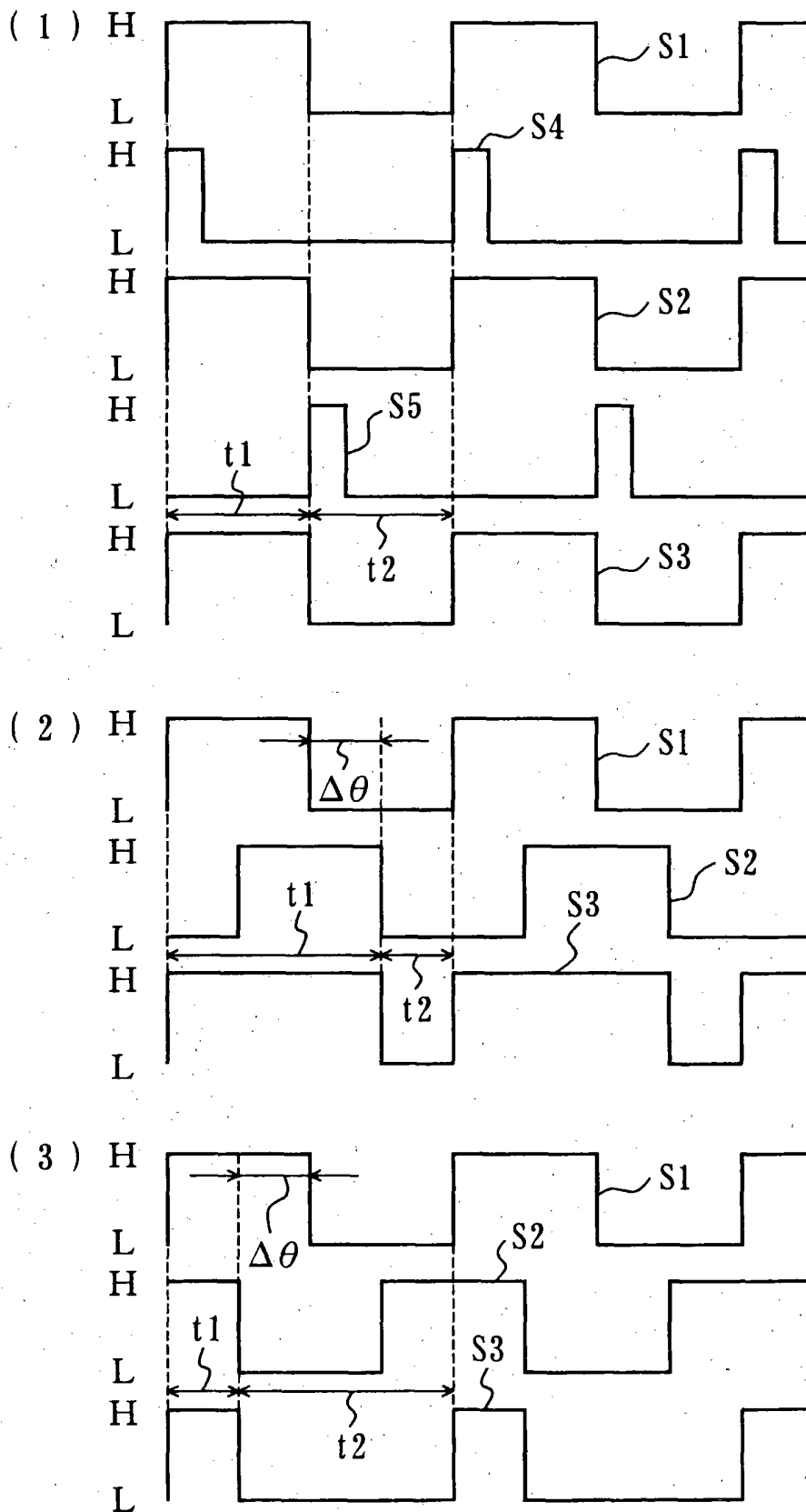
【図3】



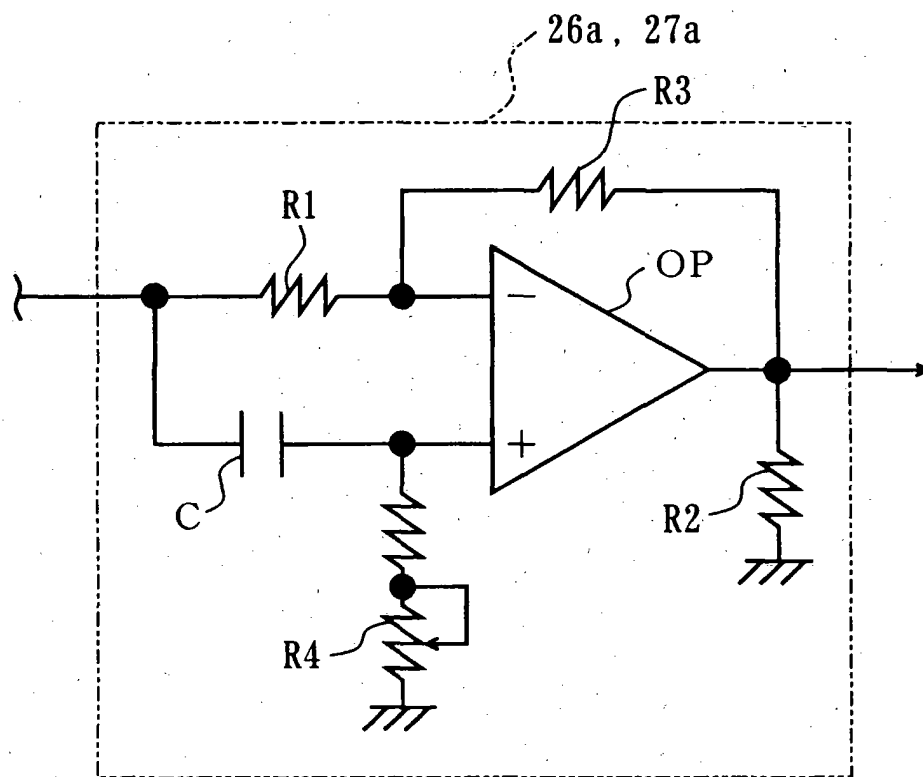
【図4】



【図5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 分解能の高い高精度のトルクセンサを低コストで提供する。

【解決手段】 第 1 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第 1 交番信号と、第 1 シャフトに対して弾性的に相対回転可能な第 2 シャフトの回転角変化に対応して位相が変化する第 2 交番信号を出力する。第 1 交番信号と第 2 交番信号との間の位相差の変化に応じて波形が変化する位相差対応信号を出力する。その位相差対応信号から第 1、第 2 シャフトによる伝達トルクに対応する値が求められる。

【選択図】 図 2

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001247]

1. 変更年月日 1990年 8月24日

[変更理由] 新規登録

住 所 大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号

氏 名 光洋精工株式会社